

EVALUASI TINGKAT PELAYANAN JALAN DAN ANALISIS HUBUNGAN VOLUME, KECEPATAN, KEPADATAN (Studi Kasus : Jalan Kapten Piere Tendean, Kota Surakarta)

^{*)}Afina Jauhardani¹, Sumina¹, Reki Arbianto¹

¹Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan (UTP) Surakarta

^{*)}E-mail : afin.jdani232@gmail.com

ABSTRAK

The city of Surakarta is one of the cities that is developing in all fields. One of them is the transportation sector where the closure of Jalan Ahmad Yani is being treated starting on February 19, 2023, which has resulted in a diversion to Jalan Kapten Piere Tendean as an alternative route. The purpose of closing the road in the Surakarta City Government was due to renovations to the Mill Viaduct to widen and lower the road elevation so that the height of the Viaduct increased. This study aims to determine the level of road service by reviewing traffic characteristics including volume, speed, and density, and analyzing the relationship of the three. Data collection was carried out through direct observation referring to the 1997 Indonesian Highway Capacity Manual. The survey results for peak hour flow occurred on Sunday at 04.00 – 05.00 p.m. at 1731.05 pcu/hour with the highest side resistance on Sunday at 530.30 incidents. The road capacity is 2344.36 pcu/hour and the degree of saturation is 0.738, so the level of road service on Jalan Kapten Piere Tendean is in category C (stable flow, speed is influenced by traffic, volume is suitable for city roads). The model analysis includes the Greenshield, Greenberg, and Underwood models. The results of the analysis show that the V-S-D relationship model that is suitable for the Kapten Piere Tendean Road section follows the Greenberg model with a value of $r = 0.591$, with a model of $V_s = 5.078 \ln (23338.346/D)$.

Keywords: road service, relationship model, greenshield, greenberg, underwood

ABSTRAK

Kota Surakarta merupakan salah satu kota yang sedang melakukan pembangun di segala bidang. Salah satunya bidang transportasi dimana diperlakukan penutupan Jalan Ahmad Yani mulai tanggal 19 Februari 2023 yang menyebabkan adanya pengalihan arus menuju Jalan Kapten Piere Tendean sebagai jalur alternatif. Tujuan penutupan jalan oleh Pemkot Surakarta karena adanya renovasi pada Viaduk Gilingan dalam upaya pelebaran serta penurunan elevasi jalan sehingga tinggi Viaduk bertambah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat pelayanan jalan dengan meninjau karakteristik lalu lintas yang meliputi volume, kecepatan dan kepadatan serta menganalisa hubungan dari ketiganya. Pengumpulan data dilakukan melalui pengamatan langsung mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997. Hasil survei arus jam puncak terjadi pada hari Minggu pukul 16.00-17.00 WIB sebesar 1731,05 smp/jam dengan hambatan samping tertinggi pada hari Minggu sebesar 530,30 kejadian. Kapasitas Jalan sebesar 2344,36 smp/jam dan diperoleh derajat kejenuhan sebesar 0,738 maka tingkat pelayanan jalan pada Jalan Kapten Piere Tendean masuk kategori C (arus stabil, kecepatan dipengaruhi oleh lalu lintas, volume sesuai untuk jalan kota). Analisis model meliputi model *Greenshield*, *Greenberg*, dan *Underwood*. Hasil analisis menunjukkan bahwa model hubungan V-S-D yang sesuai untuk ruas Jalan Kapten Piere Tendean adalah mengikuti model *Greenberg* dengan nilai $r = 0.591$, dengan model $V_s = 5,078 \ln (23338,346/D)$.

Kata kunci : pelayanan jalan, model hubungan, greenshield, greenberg, underwood

1. PENDAHULUAN

Kota Surakarta merupakan salah satu kota yang sedang melakukan pembangun di segala bidang. Salah satunya bidang transportasi dimana diberlakukan penutupan Jalan Ahmad Yani mulai tanggal 19 Februari 2023 yang menyebabkan adanya pengalihan arus menuju Jalan Kapten Piere Tendean sebagai jalur alternatif. Tujuan penutupan jalan oleh Pemkot Surakarta karena adanya renovasi pada Viaduk Gilingan dalam upaya pelebaran serta penurunan elevasi jalan sehingga tinggi Viaduk bertambah. Pengalihan arus lalu lintas ini berdampak pada kepadatan dan kemacetan pada ruas Jalan Kapten Piere Tendean, yang merupakan ruas jalan dari Solo menuju Purwodadi dan Karanganyar. Permasalahan di ruas Jalan Kapten Piere Tendean disebabkan oleh banyaknya kendaraan yang melintas / tingginya volume lalu lintas yang didominasi kendaraan berat dan roda dua (sepeda motor), oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi tingkat pelayanan jalan serta menganalisis hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan menggunakan metode *greenshield*, *greenberg*, dan *underwood*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Geometrik Jalan

Geometrik jalan merupakan salah satu karakteristik utama jalan yang akan mempengaruhi kapasitas dan kinerja jalan jika dibebani lalu lintas (Titi Liliani Soedirdjo, 2012). Dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997), diantara yang termasuk dalam geometri jalan sebagai berikut:

1. Tipe Jalan,
2. Lebar jalur lalu lintas,
3. Kurb,
4. Bahu,
5. Ada atau tidaknya median, median yang direncanakan dengan baik meningkatkan kapasitas.

Arus Lalu Lintas

Karakteristik lalu-lintas terjadi karena adanya interaksi antara pengendara dan kendaraan dengan jalan dan lingkungannya. Pada saat ini pembahasan tentang arus lalu lintas dikonsentrasikan pada variabel-variabel arus (*flow*, volume), kecepatan (*speed*), dan kepadatan (*density*). Ketiga komponen itu termasuk pembahasan arus lalu-lintas dalam skala makroskopik (Morlok, E.K. 1981).

Arus dan Volume

Arus lalu-lintas (*flow*) adalah jumlah kendaraan yang melintasi suatu titik pada penggal jalan tertentu, pada periode waktu tertentu, diukur dalam satuan kendaraan per satuan waktu tertentu. Sedangkan volume adalah jumlah kendaraan yang melintasi suatu arus jalan pada periode waktu tertentu diukur dalam satuan kendaraan per satuan waktu (Wahyu Widodo, Nur Wicaksono, dan Harwin. 2012).

Kecepatan

Kecepatan merupakan parameter utama kedua yang menjelaskan keadaan arus lalu lintas di jalan. Kecepatan dapat didefinisikan sebagai gerak dari kendaraan dalam jarak per satuan waktu (Bagas Saputra, Savitri, Dian. 2021). Dalam perhitungannya kecepatan rata-rata dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. *Time Mean Speed* (TMS), yang didefinisikan sebagai kecepatan rata-rata dari seluruh kendaraan yang melewati suatu titik dari jalan selama periode tertentu.
2. *Space Mean Speed* (SMS), yakni kecepatan rata-rata dari seluruh kendaraan yang menempati penggalan jalan selama periode waktu tertentu.

Kepadatan

Kepadatan dapat didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang menempati suatu panjang jalan atau lajur, secara umum dapat diekspresikan dalam kendaraan per mil (vpm) atau kendaraan per mil per lane (vpmpl). Kepadatan sulit diukur secara langsung di lapangan, melainkan dihitung dari nilai kecepatan dan arus sebagai hubungan :

$$\begin{aligned} Q &= V_s \cdot D \\ D &= Q / V_s \end{aligned} \quad (1)$$

dengan Q = arus lalu lintas, V_s = *Space Mean Speed* dan D = kepadatan (Morlok, E.K. 1981).

Hambatan Samping

Menurut (MKJI, 1997) dampak terhadap perilaku lalu lintas akibat kegiatan sisi jalan seperti pejalan kaki (PED), penghentian angkutan kota dan kendaraan lainnya (PSV), kendaraan masuk dan keluar sisi jalan (EEV) dan kendaraan lambat (SMV).

Hambatan samping yaitu aktifitas samping jalan yang dapat menimbulkan konflik dan berpengaruh terhadap pergerakan arus lalu lintas serta menurunkan fungsi kinerja jalan. Banyak aktifitas samping jalan di Indonesia sering menimbulkan konflik, kadang-kadang besar pengaruhnya terhadap arus lalu lintas (Silvia Sukirman, 1999).

Kapasitas

Menurut (MKJI, 1997) kapasitas yaitu arus maksimum melalui titik di jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam pada kondisi tertentu berkaitan dengan geometrik, lalu lintas dan lingkungan. Kapasitas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp). Untuk menentukan kapasitas biasanya dipakai persamaan sebagai berikut:

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \text{ (smp/jam)} \quad (2)$$

dengan C = Kapasitas (smp/jam), C_o = Kapasitas dasar (smp/jam), FC_w = Faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas, FC_{sp} = Faktor penyesuaian pemisah arah, FC_{cs} = Faktor penyesuaian untuk ukuran kota dan FC_{sf} = Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan.

Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai DS menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak (Nasution, 1996).

Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat pelayanan atau *Level Of Service* adalah tingkat pelayanan dari suatu jalan yang menggambarkan kualitas suatu jalan dan merupakan batas kondisi pengoperasian. Tingkat pelayanan suatu jalan menunjukkan kualitas jalan diukur dari beberapa faktor (Valentine Irine Elsa Maya, 2020).

Hubungan Volume, Kecepatan, dan Kepadatan

Aliran lalu lintas pada suatu ruas jalan raya terdapat 3 (tiga) variabel utama yang digunakan untuk mengetahui karakteristik arus lalu lintas, yaitu :

1. Volume (*flow*), yaitu jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tinjau tertentu pada suatu ruas jalan per satuan waktu tertentu.
2. Kecepatan (*speed*), yaitu jarak yang dapat ditempuh suatu kendaraan pada ruas jalan per satuan waktu.
3. Kepadatan (*density*), yaitu jumlah kendaraan per satuan panjang jalan tertentu.

Variabel-variabel tersebut memiliki hubungan antara satu dengan lainnya. Hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan dapat digambarkan secara grafis dengan menggunakan persamaan matematis (Eko Nugroho Julianto, 2010).

Hubungan Volume dan Kecepatan

Hubungan mendasar antara volume dan kecepatan adalah dengan bertambahnya volume lalu lintas maka kecepatan rata-rata ruangnya akan berkurang sampai kepadatan kritis (volume maksimum) tercapai.

Hubungan Kecepatan dan Kepadatan

Kecepatan akan menurun apabila kepadatan bertambah. Kecepatan arus bebas akan terjadi apabila kepadatan sama dengan nol, dan pada saat kecepatan sama dengan nol maka akan terjadi kemacetan (jam density).

Hubungan Volume dan Kepadatan

Volume maksimum terjadi (V_m) terjadi pada saat kepadatan mencapai titik D_m (kapasitas jalur jalan sudah tercapai). Setelah mencapai titik ini volume akan menurun walaupun kepadatan bertambah sampai terjadi kemacetan di titik D_j .

Metode Hubungan Volume, Kecepatan, dan Kepadatan

Metode *Greenshield*

Model ini adalah model yang paling awal dalam upaya mengamati perilaku lalu lintas. *Greenshield* yang melakukan studi pada jalan-jalan di luar kota Ohio, dimana kondisi lalu lintas memenuhi syarat karena tanpa gangguan dan bergerak secara bebas (*steady state condition*). *Greenshield* mendapatkan hasil bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan diasumsikan linier (Tamin, 2000). Model ini dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$V_s = V_f - \frac{V_f}{D_j} D \quad (3)$$

Dari persamaan tersebut perlu diketahui bahwa V_s adalah kecepatan rata-rata ruang (km/jam), V_f adalah kecepatan pada kondisi arus bebas (km/jam), D adalah kerapatan (smp/km), dan D_j adalah kerapatan kondisi jam (smp/km). Pada dasarnya persamaan tersebut merupakan suatu persamaan linier $y = a+bx$, dimana V_f dianggap sebagai konstanta a dan $-\frac{V_f}{D_j}$ dianggap sebagai b , sedangkan D dan U_s masing-masing merupakan variabel x dan y . Kedua konstanta tersebut dapat dinyatakan sebagai kecepatan bebas (*free flow speed*) dimana pengendara dapat memacu kecepatan sesuai dengan keinginan dan puncak kepadatan dimana kendaraan tidak dapat bergerak sama sekali (Tamin, 2000).

Hubungan antara volume dan kepadatan didapat dengan mengubah Persamaan 1 menjadi $V_s = \frac{Q}{D}$ yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (3) sehingga diperoleh :

$$Q = V_f \cdot D - \left(\frac{V_f}{D_j}\right) D^2 \quad (4)$$

Persamaan tersebut merupakan persamaan parabolik $Q = f(D)$.

Hubungan antara volume dan kecepatan didapat dengan mengubah Persamaan 1 menjadi $D = \frac{Q}{V_s}$ yang kemudian disubstitusikan ke persamaan (3) maka diperoleh :

$$Q = D_j \cdot V_s - \left(\frac{D_j}{V_f}\right) V_s^2 \quad (5)$$

Persamaan tersebut juga merupakan persamaan parabolik $Q = f(V_s)$.

Volume maksimum (Q_m) untuk model *Greenshield* dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$Q_m = D_m \cdot V_m \quad (6)$$

Dari persamaan tersebut perlu diketahui bahwa D_m adalah kepadatan pada saat volume maksimum dan U_m adalah kecepatan pada saat volume maksimum (Tamin, 2000).

Kepadatan saat volume maksimum (D_m) untuk model *Greenshield* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$D = D_m = \frac{D_j}{2} \quad (7)$$

Kecepatan saat volume maksimum (U_m) untuk model *Greenshield* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$V_s = V_m = \frac{V_f}{2} \quad (8)$$

Apabila persamaan (7) dan (8) disubstitusikan ke persamaan (5) , maka volume maksimum (Q_m) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Q_m = \frac{D_j \cdot Q_f}{4} \quad (9)$$

Metode *Greenberg*

Model *Greenberg* adalah model kedua yang mensurvei hubungan kecepatan dan kepadatan pada aliran lalu lintas pada terowongan, dan menyimpulkan bahwa model non linier lebih tepat digunakan yakni fungsi logaritmik (Tamin, 2000). Rumus dasar dari *Greenberg* adalah :

$$D = c \cdot e^{bU_s} \quad (10)$$

dengan c dan b merupakan nilai konstanta.

Dengan menggunakan aliran fluida dengan mengombinasikan persamaan gerak dan kontinuitas untuk satu kesatuan dimensi gerak dan menurunkan persamaan :

$$V_s = V_m \cdot \ln \left(\frac{D_j}{D} \right) \quad (11)$$

Pada model *Greenberg* ini diperlukan pengetahuan tentang parameter-parameter kecepatan optimum dan kepadatan kondisi *jam*. Sama dengan model *Greenshield*, kepadatan kondisi *jam* sangat sulit diamati di lapangan dan estimasi terhadap kecepatan optimum lebih sulit diperkirakan dari pada kecepatan bebas rata-rata (Tamin, 2000).

Estimasi kasar untuk menentukan kecepatan optimum kurang lebih setengah dari kecepatan rencana. Kekurangan lain dari model ini adalah kecepatan bebas rata-rata tidak bisa dihitung (Tamin, 2000). Persamaan (11) diatas dapat ditulis kedalam bentuk persamaan lain yaitu :

$$V_s = V_m \cdot \ln D_j - V_m \cdot \ln D \quad (12)$$

Pada dasarnya persamaan tersebut merupakan suatu persamaan linier $y = a + bx$, dimana $V_m \cdot \ln D_j$ dianggap sebagai konstanta a dan $-V_m$ dianggap sebagai b , sedangkan $\ln D$ dan V_s masing-masing merupakan variabel x dan y .

Hubungan antara volume dan kepadatan didapat dengan mengubah persamaan (1) menjadi $V_s = \frac{Q}{D}$ yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (11) sehingga diperoleh :

$$Q = V_m \cdot D \cdot \ln \left(\frac{D_j}{D} \right) \quad (13)$$

Hubungan antara volume dan kecepatan didapat dengan mengubah persamaan (1) menjadi yang kemudian disubstitusikan ke persamaan (11) maka diperoleh :

$$Q = V_s \cdot D_j \cdot e^{\frac{-V_s}{V_m}} \quad (14)$$

Volume maksimum (Q_m) untuk model *Greenberg* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6). Untuk menentukan konstanta D_m dan V_m , maka persamaan (13) dan (14) harus dideferensir masing-masing terhadap kepadatan dan kecepatan.

Kepadatan saat volume maksimum (D_m) untuk model *Greenberg* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$D = D_m = \frac{D_j}{e} \quad (15)$$

Kecepatan saat volume maksimum (V_m) untuk model *Greenberg* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$V_s = V_m \quad (16)$$

Apabila persamaan (15) dan (16) disubstitusikan ke persamaan (6), maka volume maksimum (Q_m) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Q_m = \frac{D_j \cdot V_m}{e} \quad (17)$$

Metode *Underwood*

Underwood mengemukakan suatu hipotesis bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan merupakan hubungan eksponensial (Tamin, 2000) dengan bentuk persamaan sebagai berikut:

$$V_s = V_f \cdot e^{\frac{D}{D_m}} \quad (18)$$

Untuk mendapatkan konstanta V_f dan D_m , persamaan (18) diubah menjadi persamaan linier $y = a+bx$ berikut :

$$\ln V_s = \ln V_f - \frac{D}{D_m} \quad (19)$$

dimana $\ln V_f$ dianggap sebagai konstanta a dan $-\frac{1}{D_m}$ dianggap sebagai b , sedangkan D dan $\ln V_s$ masing-masing merupakan variabel x dan variabel y .

Hubungan antara volume dan kepadatan didapat dengan mengubah persamaan (1) menjadi $V_s = \frac{Q}{D}$ yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (18) sehingga diperoleh :

$$Q = D \cdot V_f \cdot e^{\frac{-D}{D_m}} \quad (20)$$

Hubungan antara volume dan kecepatan didapat dengan mengubah persamaan (1) menjadi $D = \frac{Q}{V_s}$ yang kemudian disubstitusikan ke persamaan (18) maka diperoleh :

$$Q = V_s \cdot D_m \cdot \ln\left(\frac{V_f}{V_s}\right) \quad (21)$$

Apabila persamaan (20) dan (21) disubstitusikan ke persamaan (6), maka volume maksimum (Q_m) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_m = \frac{D_m \cdot V_f}{e} \quad (22)$$

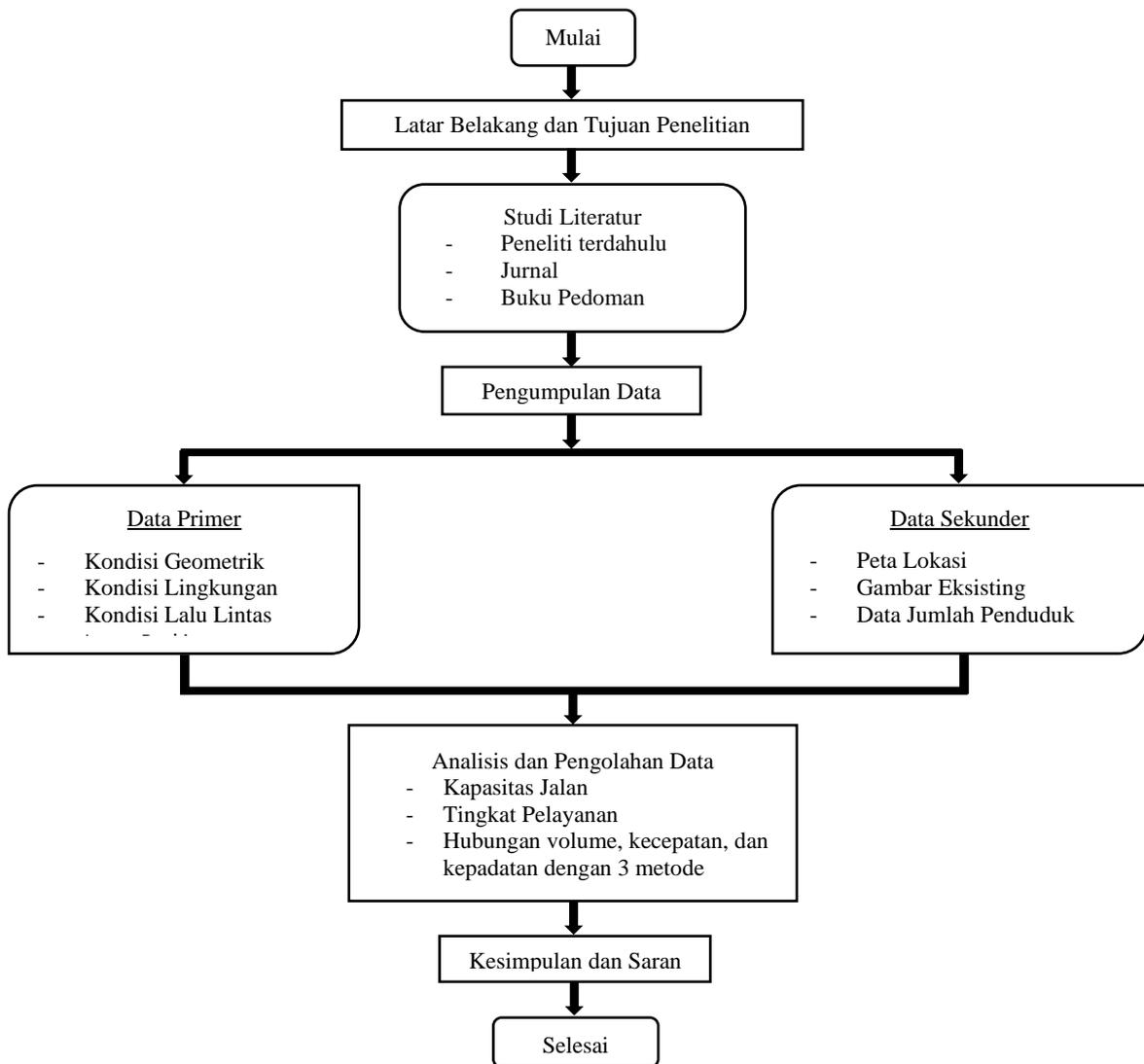
3. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian dilakukan pada ruas Jalan Kapten Piere Tendean, Kecamatan Banjarsari, Kota Surakarta, Jawa Tengah. Ruas yang diamati sepanjang 200 meter.

Metode Pengolahan Data

1. Menghitung Kapasitas
2. Mengetahui Tingkat Pelayanan Jalan
3. Menganalisis hubungan volume, kecepatan, dan kepadatan menggunakan metode Greenshield, Greenberg, dan Underwood



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. PEMBAHASAN

Volume

Hasil perhitungan volume ditampilkan pada Tabel 1. Nilai volume maksimum dimana volume maksimal terjadi pada hari minggu sebesar 1731,05 smp/jam yang terjadi pada jam 16.00 - 17.00.

Kecepatan

Hasil perhitungan kecepatan ditampilkan pada Tabel 2. Perhitungan Kepadatan pada saat pengamatan mempunyai kecepatan maksimum sebesar 31,06 km/jam yang terjadi pada jam 15.15 – 15.30 WIB untuk kedua arah. Kecepatan minimum terjadi pada jam 11.15 - 11.30 WIB sebesar 25,21 km/jam untuk kedua arah.

Kepadatan

Nilai kepadatan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2. Perhitungan Kepadatan.

Hambatan Samping

Berdasarkan tabel faktor bobot hambatan samping, dengan total frekuensi akhir sebesar $506,42 \geq 500-899$ maka kelas hambatan samping di Jalan Kapten Piere Tendean adalah tinggi (Daerah Komersial Aktifitas sisi jalan tinggi).

Kapasitas

Nilai kapasitas ruas jalan ditampilkan pada Tabel 3. Perhitungan Kapasitas.

Derajat Kejenuhan

Volume Kendaraan terpadat pada hari Minggu pukul 16.00 – 17.00 yaitu, 1731,05 smp/jam, dimana kapasitas (C) = 2344,36 smp/jam

$$\begin{aligned}
 DS &= Q/C \\
 &= 1731,05 / 2344,36 \\
 &= 0.738
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan derajat kejenuhan berikut dapat dilihat data rekapitulasi derajat kejenuhan pada Tabel 4.

Tingkat Pelayanan Jalan

Berdasarkan hasil analisa didapatkan nilai Derajat Kejenuhan sebesar 0,738 pada hari Minggu pukul 16.00 - 17.00 WIB. Berdasarkan Karakteristik Tingkat Pelayanan, disimpulkan Tingkat Pelayanan Jalan pada Ruas Jalan Kapten Piere Tendean masuk kedalam kelas C (Arus stabil, kecepatan dipengaruhi oleh lalu lintas, volume sesuai untuk jalan kota).

Hubungan Volume, Kecepatan, dan Kepadatan

Hasil rekapitulasi perhitungan hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan ditampilkan pada Tabel 5.

a. Model Greenshield

$$V_s = 33,133 - (33,133 / 619,857 D) \quad (\text{hubungan kecepatan dan kepadatan})$$

$$Q = 619,857 V_s - (619,857 / 33,133 V_s^2) \quad (\text{hubungan volume dan kecepatan})$$

$$Q = 33,133 D - (33,133 / 619,857 D^2) \quad (\text{hubungan volume dan kepadatan})$$

b. Model Greenberg

$$V_s = 5,078 D \cdot \ln (23338,346 / D) \quad (\text{hubungan kecepatan dan kepadatan})$$

$$Q = V_s 23338,346 \exp (-V_s / 5,078) \quad (\text{hubungan volume dan kecepatan})$$

$$Q = 5,078 D \cdot \ln (23338,346 / D) \quad (\text{hubungan volume dan kepadatan})$$

c. Model Underwood

$$V_s = 33,629 \exp (-D / 520,14) \quad (\text{hubungan kecepatan dan kepadatan})$$

$$Q = V_s 520,14 D \ln (33,63 / V_s) \quad (\text{hubungan volume dan kecepatan})$$

$$Q = D 33,63 \exp (-D / 520,14) \quad (\text{hubungan volume dan kepadatan})$$

Tabel 1. Nilai arus lalu lintas (Q)

Waktu	Minggu			Kamis		
	Menuju dalam kota	Menuju luar kota	Jumlah	Menuju dalam kota	Menuju luar kota	Jumlah
06.00-07.00	591,90	424,50	1016,40	768,40	632,55	1438,45
07.00-08.00	800,40	579,50	1379,90	719,55	622,35	1353,00
11.00-12.00	830,05	813,55	1643,60	711,50	732,90	1531,40
12.00-13.00	771,35	816,50	1587,85	726,15	795,65	1521,80
15.00-16.00	712,20	755,75	1467,95	718,75	799,40	1518,15
16.00-17.00	839,90	891,15	1731,05	790,85	820,65	1619,50

Sumber : Hasil perhitungan data lapangan

Tabel 2. Perhitungan Kepadatan

No	Space Mean Speed (Vs) (km/jam)	Volume (Q) (smp/15 mnt)	Rate Of Flow (smp/jam)	Kepadatan (D) (smp/km)
	(1)	(2)	(3) = (2)/0.25	(4) = (3)/1
1	28,46	428,75	1715,0	60,27
2	29,73	613,70	2454,8	82,58
3	29,52	720,00	2880,0	97,56
4	26,42	726,15	2904,6	109,92
5	26,58	656,90	2627,6	98,85
6	28,07	663,35	2653,4	94,52
7	27,36	666,25	2665,0	97,39
8	26,19	746,40	2985,6	114,00
9	26,56	657,35	2629,4	98,98
10	27,56	716,45	2865,8	103,97
11	25,94	768,60	3074,4	118,50
12	25,51	839,85	3359,4	131,68
13	25,72	791,55	3166,2	123,12
14	26,75	775,25	3101,0	115,93
15	25,69	691,20	2764,8	107,64
16	26,98	778,15	3112,6	115,35
17	26,49	812,90	3251,6	122,77
18	26,17	827,40	3309,6	126,47
19	30,55	689,85	2759,4	90,33
20	31,06	690,70	2762,8	88,96
21	27,55	803,50	3214,0	116,66
22	27,19	802,05	3208,2	118,00
23	26,36	876,45	3505,8	132,99
24	29,10	915,55	3662,2	125,85
25	27,32	741,95	2967,8	108,62
26	26,59	816,60	3266,4	122,83
27	27,16	617,10	2468,4	90,89
28	28,35	662,20	2648,8	93,43

Sumber : Hasil perhitungan data lapangan

Tabel 3. Perhitungan Kapasitas

Hari	Lajur	Kapasitas dasar	Faktor penyesuaian kapasitas				Kapasitas (smp/jam)
			FCw	FCsp	FCsf	FCcs	
Minggu	2	2900	1	1	0,86	0,94	2344,36
Kamis	2	2900	1	1	0,92	0,94	2507,92

Sumber : Hasil perhitungan data lapangan

Tabel 4. Perhitungan derajat kejenuhan per jam

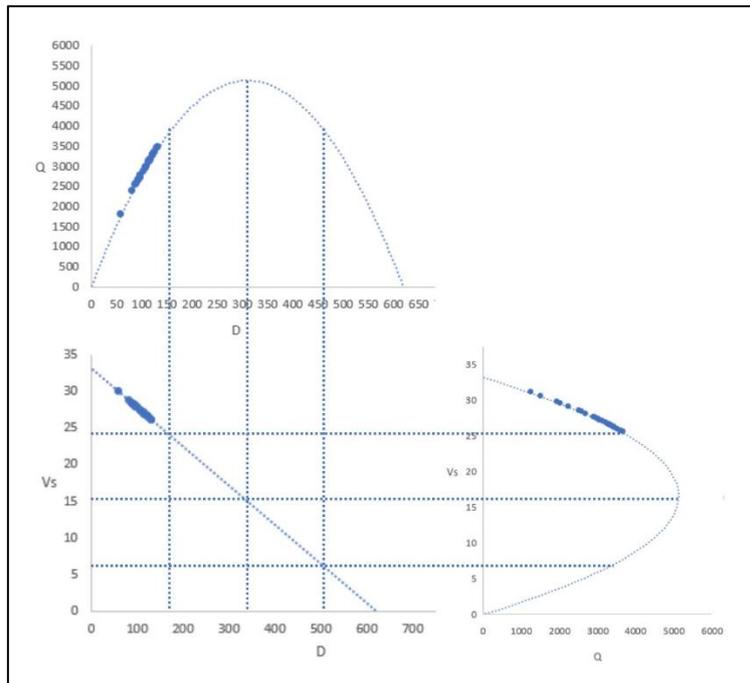
Waktu	Hari	
	Minggu	Kamis
06.00-07.00	0,448	0,614
07.00-08.00	0,589	0,577
11.00-12.00	0,701	0,653
12.00-13.00	0,677	0,649
15.00-16.00	0,626	0,648
16.00-17.00	0,738	0,691

Sumber : Hasil perhitungan data lapangan

Tabel 5. Kesimpulan Perhitungan Ketiga Metode

Variabel	Satuan	Model		
		Greenshield	Greenberg	Underwood
Volume Maksimum (Qmaks)	smp/jam	5134,42	43595,53	6434,82
Kecepatan Bebas (Vf)	km/jam	33,133	51,071	33,63
Kecepatan Maksimum (Vm)	km/jam	16,57	5,078	12,37
Kepadatan Maksimum (Dj)	smp/km	619,857	23338,346	520,14
Koefisien Determinan (r)	-	0,610	0,591	0,615

Sumber : Hasil perhitungan data lapangan



Sumber : Dokumen pribadi

Gambar 2. Grafik Hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan

5. KESIMPULAN

Hasil analisis menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, kinerja ruas Jalan Kapten Piere Tendean pada puncak yaitu hari Minggu, 19 Maret 2023 pukul 16.00-17.00 dimana dari hasil analisis berdasarkan data diambil dari survei di lapangan, maka ruas Jalan Kapten Piere Tendean selama pengalihan arus lalu lintas termasuk dalam tingkat pelayanan C (arus stabil, kecepatan dipengaruhi oleh lalu lintas, volume sesuai untuk jalan kota).

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis hubungan volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas di ruas Jalan Kapten Piere Tendean dengan menggunakan metode Greenshield, Greenberg dan Underwood maka dapat disimpulkan beberapa hal utama, sebagai berikut :

1. Volume kendaraan pada Jalan Kapten Piere Tendean termasuk padat, namun tidak melebihi kapasitas dasar jalan. Jalan Kapten Piere Tendean merupakan jalan kolektor menggunakan sistem arus dua arah dua lajur tak terbagi yang memiliki kapasitas dasar 2900 smp/jam, dari hasil pengamatan menunjukkan lebih dari kapasitas dasar pada MKJI 1997 yaitu 2344,36 smp/jam.
2. Arus lalu lintas Jalan Kapten Piere Tendean berdasarkan ketiga model diperoleh hubungan yang paling erat antara kecepatan dan kepadatan menggunakan model Greenberg dengan model $V_s = 5,078 \ln (23338,346/D)$
3. Volume tertinggi diperoleh dengan menggunakan model Greenberg sebesar 43595,42 smp/jam.
4. Nilai $r = 0,591$ memiliki arti bahwa kesesuaian model sebesar 59,1 % dengan tingkat kepercayaan atau meyakinkan dalam menggambarkan hubungan antara kecepatan dan kepadatan.
5. Hubungan antara volume dan kecepatan merupakan fungsi logaritmik.
6. Hubungan antara volume dan kepadatan juga merupakan fungsi logaritmik.
7. Dengan tingginya tingkat pelayanan jalan mempengaruhi analisis volume, kecepatan dan kepadatan, sehingga hanya didapat kesesuaian model sebesar 59,1 %.

SARAN

Berdasarkan hasil perhitungan Analisis hubungan volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas di ruas Jalan Kapten Piere Tendean didapat saran dan masukan yang bisa dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk perbaikan supaya penelitian selanjutnya menjadi lebih baik dan akurat.

Beberapa hal yang dapat disarankan terkait dari hasil penelitian ini adalah :

1. Penelitian lebih lanjut terkait hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan lalu lintas di ruas Jalan Kapten Piere Tendean, dengan interval yang digunakan 5 menit agar mendapatkan gambaran lebih detail mengenai variabel tersebut dan dapat di tambah pengaruh variabel tersebut pada kinerja jalan.
2. Perlunya penelitian lanjutan terkait dengan faktor perilaku pengendara terhadap kecepatan, agar mendapatkan kecepatan yang tepat seperti di lapangan.
3. Perlu dicari faktor-faktor lain yang mempengaruhi volume, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas di ruas Jalan Kapten Piere Tendean.

DAFTAR PUSTAKA

Departemen Pekerjaan Umum., (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.

Julianto, Eko Nugroho. (2010). *Hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas ruas jalan siliwangi semarang. Jurnal Teknik sipil.* 2(12). 151-160.

Maya, Valentine Irine Elsa, (2020), *Evaluasi Tingkat Pelayanan Jalan Akibat Pengalihan Arus Lalu Lintas pada Masa Pandemi Covid-19*, Kabupaten Wonosobo, Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Atma Jaya. Yogyakarta.

Morlok, E.K. (1981). *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Penerbit Erlangga. Jakarta

Nasution, (1996). *Manajemen Transportasi*, Ghalia Indonesia, Jakarta.

Saputra, Bagas. Savitri, Dian. (2021). *Analisa Hubungan Antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas Berdasarkan Model Greenshield, Greenberg dan Underwood*. Manajemen Aset Infrastruktur dan Fasilitas, Vol 1(43 - 57).

Soedirdjo, Titi Liliani. (2012). *Rekayasa Lalu Lintas*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Sukirman, Silvia. (1999). *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Bandung : Nova.

Tamin, O.Z., (1997) *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Widodo, Wahyu, Nur Wicaksono, dan Harwin. (2012). *Analisis Volume, Kecepatan, dan Kepadatan Lalu Lintas dengan Metode Greenshields dan Greenberg*. Semesta Teknika. Vol.15, No. 2, 178-184